科学数据引用标准化成熟度评价模型研究*

史雅莉　赵童　汪庭
湖北大学历史文化学院　武汉　430062

摘　要：[目的/意义]构建科学数据引用标准化的成熟度评价模型，加快科学数据引用标准的规范化进程。研究有利于科学数据成果的有效传播与共享，促进科学数据引用标准化实践的持续健康发展。**[方法/过程]**通过文献梳理并结合现有成熟度理论模型，提出评价科学数据引用标准化实践的成熟度要素指标；运用德尔菲法收集专家对指标的重要性判断；利用层次分析法计算各指标权重并得出成熟度量化计算公式。基于初始级、过程管理级、规范管理级、量化管理级和动态优化级五个等级构建科学数据引用标准化的成熟度评价模型，并以武汉市公共数据开放平台为例对该模型进行应用探析。**[结果/结论]** 通过量化分析得出该数据开放平台的数据引用标准化实践处于规范定义级，据此对调查结果进行分析并提出建议，为数据管理者、决策者以及使用者提供借鉴和参考。

关键词：科学数据　引用标准化　成熟度评价　模型
分类号：G252

1 引言

随着大数据时代的到来，信息技术的不断发展，数据交流和传播的频率越来越快。开放科学背景下，科学数据引用标准化意味着数据能够被更加规范、合理地使用。科学数据的规范引用意义重大，有利于提高科研人员的创新活力，创造更大的学术价值，推动社会的发展和进步。当前社会需要全面深化改革，科学数据的引用标准化紧跟时代的发展脚步，将开放共享的数据更规范地供公众使用。2023 年 3 月，第八届科学数据峰会以“科学数据与科研新范式”为主题，共同探讨科学数据驱动创新应用的新模式、新经验与新路径，其中，百分点科技联合全球权威咨询机构 IDC 重磅发布了首份数据能力进阶白皮书——《数据科学基础平台白皮书》，该平台助力便捷高效地将数据转化为业务知识并辅助决策和行动，最终释放数据价值。中国国家标准化委员发布的《信息技术科学数据引用》(GB/T 35294-2017)中规定数据使用者应按照规范进行数据引用行为，科学数据的引用采用统一的引用格式、引用方法、元数据描述等，相关数据科研机构通过发布引用声明、原则等辅助标准顺利实施中国国家标准化委员会.2017 年第 32 号中国国家标准公告[EB/OL].[2020-01-30].http://www.sac.gov.cn/gzfw/ggcx/gjbzgg/201732/.。国务院办公厅印发的《科学数据管理办法》中规定科学数据使用者应遵守知识产权相关规定，在论文发表、专利申请、专著出版等工作中注明所使用和参考引用的科学数据国务院办公厅关于印发科学数据管理办法的通知[EB/OL].[2018-04-02].http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/02/content_5279272.htm.。

成熟度评价指标体系的确立能够科学、准确地衡量科学数据引用标准化实践过程的规范化程度对于数据开放平台的发展和规范用户引用行为都具有实践意义。虽然目前不少机构或部门已经形成了一套应用于自身的科学数据引用标准规范，包括引用原则、引用声明、引用格式等，但由于标准规范的执行强度不一，现有规范对用户仅起到辅助作用，在用户访问平台的过程中只是帮助理解和使用，科学数据引用标准的规范化进程还有很大的前进空间。基于此，本研究在了解国内外科学数据引用标准化现状的基础上，以成熟度理论模型为基础，对专家意见进行调查后建立科学的评价指标体系，明确评估内容、方法和路径。再根据建立的指标体系，选择武汉市科学数据开放平台进行调研，对调研结果统计分析，测评科学数据开放平台的引用标准化情况。

**本文系教育部人文社会科学青年基金项目“我国科学数据引用标准化的实现路径研究”（项目编号：20YJC870007）、湖北省教育厅人文社科一般项目“数据驱动下的科学数据引用标准化成熟度研究”（项目编号 202011001301005）研究成果之一。
作者简介：史雅莉，硕士生导师，副教授，博士；赵童，硕士研究生；汪庭，硕士研究生，通信作者，E-mail：wangting09022022@163.com。

2 理论基础

2.1 国内外数据科学领域成熟度理论模型的主要成果

为提升软件项目能力，美国卡内基·梅隆大学的软件工程研究所致力于开发管理能力模型，于1988年提出“能力成熟度模型”(Capability Maturity Model，CMM)，在能力成熟度中，管理能力被划分成了5个等级，最高为优先级、最低为初始级，其中由低至高依次还包含了已管理级（最初为可重复级）、已定义级和定量管理级（最初为已管理级），研究表明，该体系能够很好地评估、改进软件的开发能力 CMMI Institute. Data Management Maturity Model [DB/OL].[2019-3-18].https://cmmiinstitute.com/store/data-management-maturity-(dmm).。随着各学科的相互融合，数据研究领域也逐渐采用成熟度模型这一新的研究理论，用以提高数据治理能力并加以评估。

目前，国内外已有不少较为成熟的数据科学领域理论成熟度模型。国外主要有雪城大学数据管理成熟度模型（Data Management Maturity Model，DM3）叶兰.研究数据管理能力成熟度模型评析[J].图书情报知识,2015(02):115-123.、企业数据管理理事会 EDM（Enterprise Data Management）和卡内基·梅隆大学合作提出的 DMM（Data Management Maturity Model）模型 EDM Council.Data Management Maturity Model [EB/OL].[2020-03-12].https://max.book118.com/html/2018/1229/7161105013001200.shtm.、IBM 数据治理成熟度模型 NASCIO.NASCIO: Data Governance Part Ⅱ:Maturity Models-A Path to Progress [EB/OL].[2014-12-04].http://www.docin.com/p-978629039-f2.html USA.、斯坦福数据治理成熟度模型 Stanford University Data Governance Maturity Model [EB/OL]. [2020-03-12].http://www.doc88.com/p-7098899678378.html. 澳大利亚国家数据服务项目（Australian National Data Service，ANDS）提出的研究数据管理能力成熟度模型 ANDS. Research Data Management Framework: Capability Maturity Guide[EB/OL].[2014-05-29].http://www.ands.org.au/guides/dmframework/dmf-capability-maturity-guide.html 以及 EDM（Enterprise Data Management）企业数据管理理事会提出的 DCAM（Data Management Capability Assessment Model）数据管理能力评估模型 EDM Council. The Data Management Capability Assessment Model [EB/OL]. [2019-08-12]. http://www.fuduo.wang/index.php/2019/08/12/100.html.。我国主要有数据管理领域的首个国家标准《数据管理能力成熟度评估模型》（GB/T 36073-2018）（Data Management Capability Maturity Assessment Model，简称：DCMM）中国国家标准化管理委员会.数据管理能力成熟度评估模型:GB/T 36073-2018[S].北京:中国标准出版社,2018:1-39.和《信息技术服务数据中心服务能力成熟度模型》（GB/T 33136-2016）中国国家标准化管理委员会.信息技术服务 数据中心服务能力成熟度模型:GB/T 33136 -2016[S].北京:中国标准出版社,2016:1-40.。

基于已有模型，不少国内学者提出了自己的观点，如李克鹏立足于组织与人员、技术与工具、流程与操作三大维度和数据生命周期的六大阶段，设计出大数据安全能力成熟度模型组织图 李克鹏,梅婧婷,郑斌等.大数据安全能力成熟度模型标准研究[J].信息技术与标准化,2016(07):59-61.；张亚明等通过使用因子分析法、聚类分析法，创建了数字城市治理成熟度指标结构体系，详细调查了国内31个数字城市的相关数据，分析出4梯度阶级模型张亚明,裴琳,刘海鸥.我国数字城市治理成熟度实证研究[J].中国科技论坛,2010(05):70-76.；秦中云将能力成熟模型等级、数据治理能力、数据资产生命周期相结合，确定了高校图书馆数据治理成熟度模型的评估方法以及数据治理规划路线秦中云.大数据环境下高校图书馆数据治理及成熟度模型研究[J].新世纪图书馆,2019(11):62-67.；徐丽新、袁莉通过建立“五级三维”的地方政府数据开放门户成熟度模型，确定各维度下评估指标的测度标准，再通过调查我国8个政府数据开放门户的省份计算得分，完成了成熟度评估的实践应用徐丽新,袁莉.地方政府数据开放门户的成熟度评估研究[J].图书情报工作,2019,63(12):52-58.；叶兰采用对比分析法，从5个角度对目前已有的7个数据管理能力成熟度模型进行比较，综合分析得出评价意见叶兰.数据管理能力成熟度模型比较研究与启示[J].图书情报工作,2020,64(13):51-57.；程芳等采用从应用需求到技术支撑的质量分析方法，构建了包括数据质量能力、数据质量等级、数据质量要素三大维

度的结构模型程芳,赵彦庆,王磊.基于数据服务平台的数据质量能力成熟度模型研究[J].标准科学, 2020(10):120-123.。

2.2 国内外数据科学领域成熟度理论模型的比较分析

通过比较分析上述成熟度模型，发现各自的适用范围以及优缺点，对于本研究构建科学数据引用标准化实践的成熟度评价指标体系有很好的借鉴之处，可以通过参考其中要素较为全面、评价标准完整、过程清晰、公开都较好的几种进行总结归纳，构建全新的成熟度评价指标体系。通过对上述成熟度模型的阐述和分析，我们发现成熟度理论模型的每个评价等级都有着严格的划分标准。基于 CMM 能力成熟度模型的思想：

在成熟度等级的划分上，各模型基本都采取了 5 个等级的划分形式，只有 DCAM 数据管理能力评估模型将成熟度等级分为 6 个，区别在于在第一个等级之前加入了 0 级（无意识级）。从适用领域来看，DMM 涵盖了包括 IT、政府、金融、航空等多个领域，涉及范围最广；IBM、DCAM 主要针对一些金融、IT 方面的企业；斯坦福数据治理成熟度模型、ANDS 主要适用于机构内负责数据监管的人、政策、技术等，包括一些高效的图书馆、馆员、计算设备等；国标 DCMM、数据中心服务能力成熟度模型均可用来对组织和机构进行评估，既可由自身进行构建和监管，也可由外部审查机构进行测量和评价。

从构成要素来看，DMM、ANDS、DCAM 在某些要素的设置上具有一定的相似性，通过战略/政策、组织/人员、架构/平台、治理/服务等方面来构成成熟度模型的基本要素，涉及的领域较为全面。其他模型相对来说要素的选择更具有针对性，国标 DCMM 选择了组织、制度、流程、技术 4 个要素构建成熟度模型，更适用于国内数据发展的现状，在组织和机构的评价方面更体现实用价值。

从公开度来看，国标 DCMM 和数据中心服务能力成熟度模型均有免费的文档全文，可查阅详细的成熟度等级的划分和能力域的评价方法，公开度较高；ANDS 也可获得模型全文，便于研究和探讨；其余模型未公开免费的网站查阅途径且需要加入会员才能得到相关支持，公开度相对较低。

3 科学数据引用标准化成熟度评价模型的构建

3.1 科学数据引用标准化成熟度评价模型的构建原则

3.1.1 科学性原则

在一切研究进行的过程中，科学性是应当具备的首要原则，应以科学的手段、科学的方法、科学的步骤进行研究，科学数据引用标准化实践的成熟度评价指标在此基础上建立。在成熟度要素指标提取的过程中，通过参考相关文献以及专家调查法来确保指标选择的科学性，同时能够反映和代表成熟度各个阶段的特点，最终确立评价指标体系构建所需的各个成熟度要素指标。

3.1.2 适用性原则

科学数据引用标准化实践的成熟度评价指标的选择应当视当地具体情况而定，在充分考量实际评估对象的基础上，对构建的指标进行调整，使其具有更强的现实适用性。成熟度评价体系的指标之间具有一定的关联性，是不可分割的统一体，因此在指标的选择和体系的构建时应充分考虑定量分析的可能性。

3.1.3 可操作性原则

构建科学数据引用标准化实践的成熟度评价指标体系的落脚点是对选择的调研对象进行评估，可操作性是不可或缺的一项原则。在全面考虑研究过程的基础上，成熟度要素指标的选择应分布广泛、便于收集，成熟度等级的划分应简洁明确、特征性强，保证在后续的调查和计算中对对象的评估具备更强的可操作性。

3.2 科学数据引用标准化成熟度评价指标体系的确立

本研究对成熟度要素指标的提取过程，主要基于对现有成熟度模型以及数据引用相关文献的梳理，通过提炼成熟度相关理论的过程域或功能域，初步形成扎根于现有研究资料的成熟度指标体系

所需的要素指标。首先，文章根据上述提到的 8 种国内外成熟度模型，参考借鉴并进行归纳整合，初步构建 4 个一级指标，分别是制度保障、引文管理、相关利益主体和技术支持。其次，为实现成熟度一级指标内部的紧密性，同时展现各部分之间的关联，对已有科学数据引用的相关文献进行梳理，从被引次数、相关性等方面考量，选取其中具有代表性的参考文献作为提取指标的样本，对文中出现的有关数据引用方面的内容进行总结，确定 17 个二级指标。最后，根据各个指标之间的联系和区别，归类到上述构建的成熟度一级指标，完成成熟度要素指标的初步选择（见表 1）。

表 1 科学数据引用标准化成熟度评价指标体系

一级指标	二级指标	指标描述	来源
制度保障	政策法规	数据开放平台及上级各政府部门颁发的关于数据引用标准的相关办法	司莉、邢文明（2013）司莉,邢文明.国外科学数据管理与共享政策调查及对我国的启示[J].情报资料工作,2013(01):61-66.
	引用规范	用户在引用数据时应注意的引用声明、元素、格式等统一规范形式	王思明、宁子晨（2019）王思明,宁子晨.科学数据引用流程中相关主体角色定位探析[J].数字图书馆论坛,2019,(04):29-36.
	相关性说明	平台发布的引用相关的手册或指南等	/
引文管理	引用对象类型	描述数据保存在平台或文件中的规则，包括数值、字符或二进制数据形式等	项英、赖剑菲、丁宁（2013）项英,赖剑菲,丁宁.高校图书馆科学数据管理服务实践探索——以武汉大学社会科学数据管理为例[J].情报理论与实践,2013,36(12):89-93.
	引用对象的存储格式	平台上的开放数据资源能够支持的下载格式，包括 doc、PDF 等	项英、赖剑菲、丁宁（2013）项英,赖剑菲,丁宁.高校图书馆科学数据管理服务实践探索——以武汉大学社会科学数据管理为例[J].情报理论与实践

			,2013,36(12):89-93.
	数据质量和整备程度	已通过认证或测评的高质量数据，且数据资源呈有序化排列，保障数据在引用时的完整性、有效性	夏义堃（2018）夏义堃.试论数据开放环境下的政府数据治理:概念框架与主要问题[J].图书情报知识,2018(01):95-104. 张培风、张连分（2019）张培风,张连分.全球科研范式变革下的图书馆科学数据管理服务创新——基于数据管理生命周期的视角[J].图书馆理论与实践,2019(05):39-48.
	引文元素	元数据的种类、内容、形式的完整性	刘智锋、王继民、李倩（2022）刘智锋,王继民,李倩.元数据质量评价研究综述[J].情报理论与实践,2022,(12):1-16.
相关利益主体	科研教育机构	包括高校图书馆、数据档案馆、数字人文中心等，促进数据的传播和使用	顾立平（2018）顾立平.科研模式变革中的数据管理服务:实现开放获取、开放数据、开放科学的途径[J].中国图书馆学报,2018,44(06):43-58. 史雅莉、赵雪芹（2019）史雅莉,赵雪芹.合作博弈视角下科学数据引用主体间的
	数据存储机构	以统一的方式存储数据，完善数据引用规则，实现平台的有效运行	
	出版机构	出版发行数据引用标准及相关法规，促进数据引用实践的良好发展	
	政府职能部门	宣传发布权威的数据引用标准规范，促进标准内容的完善	
	数据库商等商业运营机构	完善数据库系统及平台功能，增强科学数据的可获性和，促进数据的合理引用，保障数据资源的学术及商业价值	
	其他非营利性组织	包括行业机构或民间调查组织等，促进某一研究项目或问题的解决，为行业发展提供数据支持和决策参考	
	（终端用户）反馈	用户在引用数据时，对整个过程的评价和感受，并作出相应的情报分析服务，从而提高数据引用技能	

			关系探析[J].数字图书馆论坛,
技术支持	平台建设	数据平台的基础建设和运行，保障数据引用的顺利开展	DCAM模型（2019）
	引用软件	开发者为实现数据引用标准化所做的一系列分析工具、应用推广等	赵佳骏（2019）赵佳骏.科学文献中的数据引用识别研究[D].南京农业大学,2019.
	身份识别与认证	保障被引用的数据具备一定的安全性和隐秘性，包括在访问、获取、更改或下载等过程中采取的加密技术	魏悦、刘桂锋（2017）魏悦,刘桂锋.基于数据生命周期的国外高校科学数据管理与共享政策分析[J].情报杂志,2017,36(05):153-158.

3.3 量表设计与发放

3.3.1 量表的设计

成熟度要素指标的确定采用专家调查法，量表采用李克特量表进行测量，分为两个部分。第一部分统计调查对象的基本情况，包括职业身份、专业背景、学历以及对科学数据引用标准化实践的相关看法等；第二部分对量表的设置进行了说明，采用 1-9 分的评价尺度进行填写，根据评价结果构建判断矩阵。根据此标准，需要专家分别判断一级指标和二级指标的重要性，两两比较进行打分，打分的结果代表了一对指标的相对重要性程度，以减少主观判断所产生的不确定性。调查选取专家的研究方向或工作经验尽量趋于多元化，以保证问卷回收的结果在分析和研究时更加科学有效。

3.3.2 量表的发放与数据回收

本研究运用专家调查法，向数据引用相关领域的专家发放调查量表，收集专家对要素指标的判断和评价建议，对调查结果进行整理和分析，最终确定科学数据引用标准化实践的评价指标体系。

通过线下与线上相结合的形式进行数据收集，共计发放量表 56 份，收回 25 份，剔除无效量表后共得到 19 份有效数据。其中 4 人为本科，9 人为硕士，6 人为博士（见表 2）。所选取的专家对科学数据的引用领域都有一定的研究成果或实践经验，并且认可科学数据应该进行更为标准化、规范化地引用。本科学历的专家从业年限较长，具有丰富的数据引用相关经验，因此也作为统计的有效量表。为方便后续更清晰地进行结果分析，将回收的有效问卷的专家编号，用 Pn 表示，n 为变量，表示收回量表的时间顺序。

表 2 专家基本信息调查表

专家 Pn	学历	专业	职业	从业年限
P1	硕士	控制工程	工程师	7
P2	博士	经济学、图书情报	高校教师	3
P3	博士	图书馆学	高校教师	/
P4	博士	图书情报	研究员	13
P5	硕士	情报学	数据馆员	8
P6	硕士	图书馆学	数据馆员	8
P7	博士	心理学	研究员	14
P8	博士	材料工程	高校教师	6

P9	博士	图书馆学	在读博士	/
P10	硕士	计算机科学	程序员	5
P11	硕士	图书情报	品牌管理员	3
P12	本科	财务管理	金融从业者	25
P13	本科	信息系统与信息管理	金融从业者	7
P14	本科	工商管理	金融从业者	9
P15	本科	科技信息	研究员	23
P16	硕士	微波通信	研究员	19
P17	硕士	档案学	数据馆员	4
P18	硕士	电子工程	研究员	10
P19	硕士	图书情报	数据馆员	4

3.4 评价指标权重的确定

采用层次分析法对成熟度要素指标的权重进行确定，主要是根据专家的打分进行经验量化得出数值，再通过一致性检验判断分配是否合理，来确定权重的结果。层次分析法主要分为 4 个步骤：首先，建立层次结构模型；其次，构造判断矩阵，根据判断矩阵计算层次单排序并检验一致性；最后，计算层次总排序得出综合权重。

3.4.1 建立递阶层次结构

在建立层次结构模型时，层次分析法将决策的目标、考虑的因素和决策的对象分别定为模型的最高层、中间层和最低层。最高层又叫做目标层，在本研究中指“科学数据引用标准化实践成熟度”，设为 A；中间层是指考虑的因素、决策的准则，为目标层和措施层所涉及的中间环节，准则层的一级指标有 4 个，分别是制度保障、引文管理、相关利益主体和技术支持，设为 Bn；最低层为措施层，包含为实现最高目标层可进行实际操作的一些要素指标，共包含 17 个二级指标，设为 Cn（见图 1）。

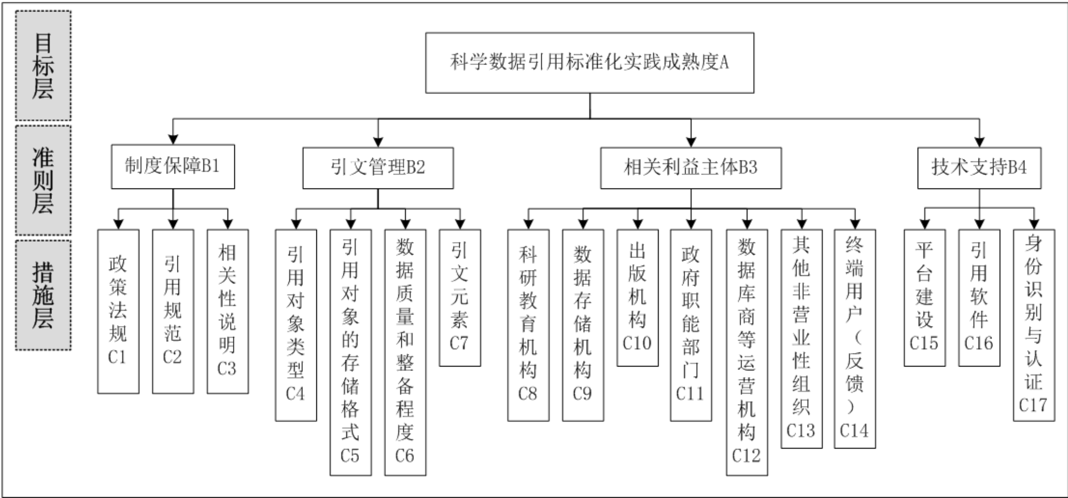


图 1 科学数据引用标准化的成熟度层次结构图

3.4.2 构建比较判断矩阵

在确定层次结构图之后，统计专家对指标重要性判断的打分情况，构造判断矩阵采用相对尺度计算时将指标两两进行比较，减少所有指标一起打分过程中存在的困难和不确定性。如对于某一目标或准则下的元素，两两比较按照重要程度评价等级，a_{ij} 为元素 i 和元素 j 之间的比较结果，应保证：a_{ij}=且 a_{ii}=1。下表为矩阵元素 aij 的 9 个重要性等级及其赋值(见表 3)。

表 3 比例标度表

指标相对比分	定义	说明
1	同等重要	两个指标同等重要
3	稍微重要	一个指标较另一个指标较为重要
5	相当重要	重要性强烈倾向于某一指标

7	明显重要	实际上非常倾向于某一指标
9	绝对重要	某一指标的重要性对于另一指标来说绝对得强
2、4、6、8	/	两者的重要性比较在上述相邻标准之间
上述数值的倒数 1，，……，	/	若 C_i 要素对比 C_j 要素的重要性为上述某一标度， 那么 C_j 对比 C_i 则为那个标度的倒数

结合 19 位专家对指标的比较打分情况，构造如下均值判断矩阵：

（1）一级指标的判断矩阵：准则层的指标对于目标层的两两相对重要性比较，科学数据引用标准化实践成熟度的 4 个一级指标：制度保障、引文管理、相关利益主体和技术支持的相对重要性判断矩阵（见表 4）。

表 4 A-B 判断矩阵

一级指标	制度保障	引文管理	相关利益主体	技术支持
制度保障	1	0.3971	0.5556	1.2038
引文管理	2.5185	1	0.8571	1.0963
相关利益主体	1.8000	1.1667	1	0.5921
技术支持	0.8307	0.9122	1.6889	1

（2）二级指标的判断矩阵：措施层指标对于准则层的两两相对重要性比较。制度保障要素的 3 个二级指标：政策法规、引用规范和相关性说明的相对重要性判断矩阵（见表 5）。

表 5 B1-C 判断矩阵

制度保障 B1	政策法规	引用规范	相关性说明
政策法规	1	0.4737	0.6054
引用规范	2.1111	1	0.9247
相关性说明	1.6519	1.0815	1

引文管理要素的 4 个二级指标：引用对象类型、引用对象的存储格式、数据质量和整备程度及引文元素的相对重要性判断矩阵（见表 6）。

表 6 B2-C 判断矩阵

引文管理 B2	引用对象类型	引用对象的存储格式	数据质量和整备程度	引文元素
引用对象类型	1	0.7297	0.3293	0.2727
引用对象的存储格式	1.3704	1	0.4154	0.2571
数据质量和整备程度	3.0370	2.4074	1	0.3553
引文元素	3.6667	3.8889	2.8148	1

相关利益主体要素的 7 个二级指标：科研教育机构、数据存储机构、出版机构、政府职能部门、数据库商等商业运营机构、其他非营利性组织和终端用户（反馈）的相对重要性判断矩阵（见表 7）。

表 7 B3-C 判断矩阵

相关利益主体 B2	科研教育机构	数据存储机构	出版机构	政府职能部门	数据库商等商业运营机构	其他非营利性组织	终端用户（反馈）
科研教育机构	1	0.6236	0.4737	0.563	0.8216	0.7578	0.2529
数据存储机构	1.6035	1	0.5094	0.2784	0.625	0.7063	0.2621
出版机构	2.1110	1.9630	1	0.2621	0.5230	0.8299	0.2701
政府职能部门	1.7761	3.5919	3.8153	1	0.6334	0.7414	0.3801
数据库商等商业运营机构	1.2171	1.6	1.9120	1.5787	1	0.7905	0.4065
其他非营利性组织	1.3196	1.4158	1.2049	1.3487	1.2650	1	0.2411
终端用户（反馈）	3.9541	3.8153	3.7023	2.6308	2.4600	4.1476	1

技术支持要素的 3 个二级指标：平台建设、引用软件和身份识别与认证的相对重要性判断矩阵（见表 8）。

表 8 B4-C 判断矩阵

技术支持 B4	平台建设	引用软件	身份识别与认证
平台建设	1	0.6	0.3333
引用软件	1.6667	1	0.5133

身份识别与认证	3.0000	1.9481	1

3.4.3 层次总排序和一致性检验

基于调查结果得到的均值判断矩阵，重要性的计算有和积法、方根法、幂法和最小二乘法，本研究采用的是方根法计算权重向量。在检验判断矩阵的一致性时，将 CI 与平均随机一致性指标 RI 进行比较，可得出检验数 CR。由于层次分析法是一种较为主观的赋权方法，专家在对指标进行比较评分的过程中可能出现误差，所以需要通过一致性检验对得到的结果进行验证。结合各专家对指标的评分判断，使用 MATLAB 软件对一级指标进行层次单排序和一致性检验，最后进行层次总排序和一致性检验。

（1）计算判断矩阵每一行的乘积 Mi：

制度保障(M1)=1×0.3971×0.5556×1.2038=0.2656

引文管理(M2)= 2.5185×1×0.8571×1.0963=2.3665

相关利益主体(M3)= 1.8000×1.1667×1×0.5921=1.2434

技术支持(M4)= 0.8307×0.9122×1.6889×1=1.2798

（2）计算 Mi 的 n 次方根 Wi：

制度保障（k1）===0.7179

引文管理（k2）===1.2403

相关利益主体（k3）===1.0560

技术支持（k4）===1.0636

（3）对向量 W=（Wk1 Wk2 Wk3 Wk4）正规化：

得判断矩阵特征向量：

（4）判断矩阵一致性检验：

一致性检验结果为，说明该专家的给出的判断矩阵具有满意的一致性，权重向量是可以接受的同理可求出 B1-C、B2-C、B3-C、B4-C 的随机一致性比例均小于 0.10，一致性检验通过，所得权重是可以接受的。

由此可分别获得一级指标和二级指标的权重，相乘可计算出综合权重（见表 9），再结合调研得到的指标评分，确定成熟度的计算公式。

表 9 科学数据引用标准化的成熟度评价指标体系权重

成熟度要素	权重	要素指标	权重	综合权重
制度保障	0.1760	政策法规	0.2112	0.0372
		引用规范	0.4002	0.0704
		相关性说明	0.3886	0.0684
引文管理	0.3042	引用对象类型	0.1030	0.0313
		引用对象的存储格式	0.1259	0.0383
		数据质量和整备程度	0.2585	0.0786
		引文元素	0.5125	0.1559
相关利益主体	0.259	科研教育机构	0.0734	0.0190
		数据存储机构	0.0735	0.0190
		出版机构	0.0920	0.0238
		政府职能部门	0.1524	0.0395

		数据库商等商业运营机构	0.1353	0.0350
		其他非营利性组织	0.1222	0.0316
		终端用户（反馈）	0.3512	0.0910
技术支持	0.2608	平台建设	0.1753	0.0457
		引用软件	0.2846	0.0742
		身份识别与认证	0.5401	0.1409

层次总排序和一致性检验：

计算结果说明总排序通过一致性检验。

3.5 科学数据引用标准化的成熟度等级划分

成熟度等级的划分表现了科学数据引用的标准化从低等级向高等级递进的状态变化。根据目前研究和开发所得的成熟度模型划分情况，结合科学数据引用标准化实践的现状，参考数据管理能力相关成熟度模型等级划分，本研究将科学数据引用标准化实践的成熟度等级划分为 5 个等级，依次是：初始级、过程管理级、规范定义级、量化管理级、动态优化级（见图 2）。

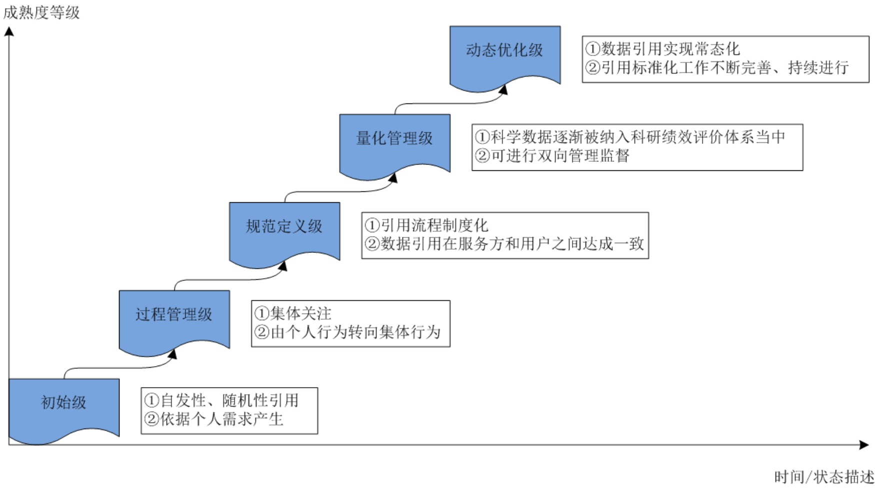


图 2 科学数据引用标准化的成熟度等级划分

初始级。科学数据引用标准化实践的成熟度起点即为初始级，用户数据引用属于自发性的个人行为，完全是依据个体的需求而产生。并且数据引用的平台尚不稳定，没有统一有效的管理流程，相关基础设施也处于建设阶段。随着数据引用意识的提高和数据平台的建设，成熟度的等级可上升为第二等级。

过程管理级。数据引用的重要性和意义受到更加广泛的关注，由个人行为转变为集体行为。数据管理方面开始制定相关的管理条例，科学数据引用步骤逐步流程化，相关引用技术得到提升，但尚不全面。随着对数据引用监督机制的加强，以及对管理人员服务意识和能力的培养，成熟度的等级由第二级升至第三级。

规范定义级。科学数据的引用流程开始制度化，且制定了一系列更为科学有效的引用标准和规则，标准体系得以逐步确立。平台更加重视在数据引用时，服务方与用户之间的关系，强调数据意识的觉醒和数据引用的现实意义。数据引用的标准体系不断完善，向成熟度的第四级提升。

量化管理级。科学数据的引用和管理能力已经达到了一个较高水平，在科学数据的共享和传播过程中，数据引用有正式的变量管理过程，科学数据逐渐被纳入科研绩效评价体系当中；服务方和数据用户之间不再是单方面的数据传输的关系，可进行双向的管理与监督，完善数据引用标准化体系。通过进一步的优化，成熟度等级可上升至最后一级。

动态优化级。科学数据引用行为已经实现常态化，这是一个持续递进的阶段，引用标准化的工作在实践和反馈中不断完善、不断改进，在各个方面的监督过程中实现工作流程的实时优化，提升数据引用的质量。在这一阶段应保持数据引用的最优化流程和监管机制，保证更近一步数据引用行为的开展。

4 科学数据引用标准化成熟度评价模型的应用

4.1 调查的目的与对象

在构建上述评价模型的基础上，选取合适的数据开放平台进行实证调研，用以检验指标体系的科学性和可操作性；对各指标进行评分和数据分析，得到最终的成熟度结果，可以发现调查平台的数据引用标准化实践现状，提出有效的改进措施。

本研究选取武汉市公共数据开放平台作为调查对象，基于以下考虑：（1）武汉市公共数据开放平台作为当地政府推出的数据平台，在平台域名中包含 gov.cn，表示受到官方认可，且选取地区行政层级为地级市。该网站上发布的数据可供广大用户下载，或者通过数据接口获取。（2）截至目前，该平台已开放 60 个市级部门/区、1406 个开放目录、1036 个数据接口、11864 个数据项、29570 万条数据，收录数据量庞大，该平台中包含各领域、主题、行业的数据，并设置应用、统计、互动等引用行为，可供采集更多的有效信息。

4.2 武汉市公共数据开放平台的数据引用标准化成熟度评价

武汉市公共数据开放平台主要提供数据下载、API 开发服务、应用程序上传与下载等功能，平台数据涉及了表格、文本、图片、地图、多媒体等各类实时与非实时的政府可公开数据陈亚平.中外政府开放数据实践及其管理机制比较研究[D].南京大学,2014.，同时在引用政策、数据安全等方面加强管理，实现应用的规范化。本研究对该平台的数据引用标准化现状进行调查，为下文指标评价和成熟度计算提供依据。

4.2.1 制度保障方面

平台自 2020 年 9 月起公布关于数据资源管理办法和征求意见稿，并于 2021 年 11 月正式出台《公共数据资源管理办法》，对本市行政区域内数据资源的相关管理活动进行明确规范，对公开数据或涉及国家秘密和安全的数据区分管理。在征求意见稿中，平台向各公民、单位及组织公开征求意见和建议，其中涉及数据引用相关问题，并根据反馈做出进一步的修改完善，保障数据资源的合理应用。在引用规范方面，平台印发关于平台接口使用规范和核心元数据标准方面的通知与文件，对于本研究中所阐述的在引用过程中应注意的统一规范格式并未提及。针对平台对用户服务过程中可能存在的问题进行了相关性说明，包括免责声明、隐私保护声明等，并明确规定了网站和用户之间的权利与义务，例如：“网站的所有内容的所有权归武汉市人民政府所有”、“当网站认为用户有违反法律、法规的可能性或者行为出现时，可随时终止提供服务，并进行通知”、“用户有权获取网站所提供的所有政务数据资源，不得有偿或无偿转让”等。

4.2.2 引文管理方面

武汉市公共数据开放平台中的数据具有多样性，涉及上述所提到的多种数据类型，同时具备多种数据下载的格式，包括 CSV、XLSX、JSON、XML、RDF 等。多种数据存储格式增强了机器的可读性，方便用户通过多种形式读取和加工数据。部分数据集数量过大，如果只能通过系统表单获取，就大大增加了电子访问的障碍性。除直接下载文件包外，还可通过接口方式获取全量数据，因此平台为用户提供 API 接口，无插件和浏览器的限制，可直接获取所需数据，为数据引用提供便利胡逸芳,林焱.加拿大政府数据开放政策法规保障及对中国的启示[J].电子政务,2017,(05):2-10.。平台的数据集参照国标或者相关办法，按照不同的类别进行建设，主要按照领域、主题和行业分类，保障用户能够更加便捷地获取和引用。

平台于 2021 年 4 月试行《武汉市公共数据资源开放核心元数据标准》，该标准规定了描述公共数据资源开放目录中所需的核心元数据及其表示方式，适用于武汉市政务部门、公共服务企事业单位涉及公共数据资源开放的管理和应用。部分核心元数据名称有标识符、名称、摘要、发布日期、文件大小、数据提供方信息（数据提供方代码、联系方式以及所属行政区域）、开放属性（开放类型和开放条件）、数据项信息（数据项名称和数据项类型）。

4.2.3 相关利益主体方面

数据引用过程中，在多个利益主体的共同作用下，协作完成数据生命周期内各个环节的工作任务。与武汉市公共数据开放平台合作的利益主体分为两类，一类是市级部门，共 44 个数据相关部门，包含上述指标描述中的主体分类；一类按照武汉市 16 个区级划分，每个分类都将其对应的数据集进行归纳，增加引用过程中的便捷性。

武汉市公共数据开放平台注重与用户之间的互动交流，开设专门的任务栏关注用户的需求，提高用户的满意度。用户登录网站后，可自由申请未开放的数据，只需填写需求标题、需求内容、数据用途，同时填写个人信息和期望的数据格式即可申请。提交申请的手续较为简洁，方便用户更高效地获取有用信息。网站设有问卷调查栏目，针对网站的服务和改进措施进行调查，以期获得更好地发展。目前正在进行的问卷有关于网站的易用性和数据需求，参与人数数十人，可能与经常访问网站的人数有关。同时，用户可提出咨询建议，针对数据问题、数据获取、平台体验、投诉服务等进行内容描述，为网站的升级改进提供建议。在收集到用户提出的问题和建议后，网站在反馈列表中按时间顺序列出且给予回复；同时将一些纠错问题公开，包括数据更新、目录问题、使用权限、乱码等，跟进使用操作，及时解决在使用过程中出现的问题。网站通过增强管理人员的数据服务意识、增加多渠道的专家协同工作，多方位满足不同用户的数据使用需求。

4.2.4 技术支持方面

武汉市公共数据开放平台设立专业部门来管理平台，进行日常监督检查，并建立相关责任机制对平台建设存在的问题及时发现并改进。2021-2022 年度武汉市网络信息办公室公开填报了武汉市公共数据开放平台的政府网站工作年度报表，在信息技术、数据服务方面内容丰富且调查问题较详细。报表中对平台的安全防护做了详细登记，包括安全监测评估次数、问题发现与整改的数量、是否开展应急演练、是否明确安全责任人等，将责任落实到位，实现平台建设的完整性。

平台按照严格的等级分类要求，包括安全要求、个人或企业信息保护要求和应用要求等因素，将公共数据资源分为不同安全等级的管理方式，采用身份认证与识别技术，规避数据在被引用过程中可能对个人、组织、社会利益或国家机关运作造成的影响或损害。平台遵循分级分类原则：依从性原则、安全性原则、可操作性原则、时效性原则、可扩展性原则，将开放类型分为“不予开放”、“有条件开放”、“无条件开放”3 种并进行了相关说明。

4.3 评分方法与成熟度计算

4.3.1 评分方法

本研究对各指标的评分方式依据上述科学数据引用标准化实践的成熟度评价指标体系等级的划分和描述，对成熟度的二级指标分别进行测度的划分，制定指标在不同成熟度等级下的评价标准。其中，由于相关利益主体中除“终端用户（反馈）”外，其余指标属同一类型，故采用相同的评价标准。科学数据引用标准化在达到下一等级之前需满足上一等级的所有要求（见表 10）牛丽雪.政府数据治理成熟度模型研究[D].河北大学,2020.。

表 10 科学数据引用标准化成熟度等级评价标准

成熟度要素	要素指标	等级评价标准				
		初始级	过程管理级	规范定义级	量化管理级	动态优化级
制度保障	政策法规	尚未制定相关法律制度，被动管理	初步建立相关制度，但没有正式发	建立标准制度框架，以文件形式发布	量化评估管理情况，对制度进行修订	相关制度健全，不断优化管理过程

			布			
	引用规范	引用混乱，无统一规范	制定相关规范，但未落实到位	对各种引用情况建立全面的规范细则	能够衡量引用规范的实际操作情况	主导引用规范的制定情况，优化提升
	相关性说明	无相关标准指南或细则，问题难以解决	仅说明部分引用情况，未覆盖全面	各种可能出现的引用情况进行详细说明	测量相关指南的落实情况，及时进行检查、更新	根据业务发展的需要，推动数据引用的实施
引文管理	引用对象类型	数据类型单一	数据类型多样化，且分类陈列	数据可视化浏览，形式多样	显示数据项与相关数据	根据实际情况的变化实时更新数据类型
	引用对象的存储格式	不可下载	注册登录后可获得下载权限	可直接下载，但存储格式单一	存储格式多样化	格式多样化，且可批量获取数据
	数据质量和整备程度	数据质量问题多，运行状态混乱无序	开展数据检查工作，实行数据归类	制定数据质量检查规范化流程，建立数据集	对数据问题进行量化分析，评估各阶段运行状态	持续跟踪并改进数据问题，有效促进应用
	引文元素	无元数据标准	元数据描述信息单一	DC 元数据标准 Error: Reference source not found	施行符合本平台的元数据标准	优化提升元数据引用，制定长期保存元数据方案
相关利益主体	科研教育机构 数据存储机构 出版机构 政府职能部门 数据库商等商业运营机构 其他非营利性组织	参与数据提供和引用的主体不明确，或没有参与	相关主体明确，但参与者较少	多方共同参与，并明确各部分责任、权力和义务	相关利益主体主动参与数据引用过程，并实时关注引用情况	所有主体共同参与，形成多元主体联盟
	（终端用户）反馈	数据交流不流畅，无引用反馈渠道	具备沟通意识，建立反馈渠道	汇总反馈意见，记录数据引用情况	根据反馈对数据引用中存在的问题进行改进	多渠道反馈方式，完善平台与用户之间的沟通桥梁
技术支持	平台建设	组织架构混乱，平台建设处于无序状态	设立专业部门管理平台，进行日常监督检查	标准化平台管理制度，建立审查流程	建立责任机制，对平台建设存在的问题及时发现并改进	平台建设机制完善，实现业内领先水平
	引用软件	软件普及不到位，鲜少使用	部分部门或用户开始使用软件进行数据引用	软件应用普及度较高，可实现自动引用	评估引用软件在实操过程中存在的问题并解决	创新引用技术，有效提升数据引用能力
	身份识别与认证	被引数据处于完全开放状态，缺乏安全性	加强安全监管，设置不同级别的访问权限	识别安全风险并进行评估，加强管控	建立量化指标识别安全风险，持续改进	持续优化访问等级分类，促进数据引用工作安全进行

在评价过程中，对武汉市公共数据开放平台每个指标所达到的等级作出判断，分别对应赋值并依据上述得出的权重进行计算，最终得到该平台的成熟度等级。赋值规则：初始级赋 1 分，过程管理级赋 2 分，规范定义级赋 3 分，量化管理级赋 4 分，动态优化级赋 5 分。

4.3.2 成熟度计算

依照上述成熟度指标等级评价标准，在数据平台中收集相关数据，通过两次权重运算即可分别得出二级指标的具体得分与平台最终的总得分。设最终得分为 S，4 个一级指标：制度保障、引文管理、相关利益主体、技术支持得分分别记为 S1、S2、S3、S4。S1 的计算方法为：S1=W1*（R 为指标赋值），S2、S3、S4 以此类推。根据上述计算公式，对每个指标赋值并计算出武汉市公共数据开放平台的综合评价分值结果（见表 11）。

表 11 武汉市公共数据开放平台评价结果

	一级指标	二级指标	赋值	综合权重	得分	综合得分
科学数据引用标准化成熟度评价指标体系	制度保障	政策法规	4	0.0372	0.1488	0.4948
		引用规范	2	0.0704	0.1408	
		相关性说明	3	0.0684	0.2052	
	引文管理	引用对象类型	4	0.0313	0.1252	0.8643
		引用对象的存储格式	5	0.0383	0.1915	
		数据质量和整备程度	3	0.0786	0.2358	
		引文元素	2	0.1559	0.3118	
	相关利益主体	科研教育机构	3	0.0190	0.0570	0.8011
		数据存储机构	3	0.0190	0.0570	
		出版机构	3	0.0238	0.0714	
		政府职能部门	3	0.0395	0.1185	
		数据库商等商业运营机构	2	0.0350	0.0700	
		其他非营利性组织	2	0.0316	0.0632	
		（终端用户）反馈	4	0.0910	0.3640	
	技术支持	平台建设	4	0.0457	0.1828	0.8948
		引用软件	2	0.0742	0.1484	
		身份识别与认证	4	0.1409	0.5636	

由此可知，武汉市公共数据开放平台的成熟度值：S=S1+S2+S3+S4=3.0550。根据科学数据引用标准化成熟度模型评价标准，可以判断武汉市公共数据开放平台的引用标准化成熟度目前处于规范定义级。

4.4 结果分析与建议

通过计算发现，目前武汉市公共数据开放平台的引用标准化实践处于规范定义级，制度保障、引文管理、技术支持较过程管理级都有较为明显的提升，相关利益主体也有所发展。由评价结果可初步判断，该平台正趋向于量化管理级发展，科学数据引用标准化实践的整体呈现较强水平，但在未来实践中仍有较大的提升空间。具体而言：

制度保障方面，武汉市公共数据开放平台对政策法规的制定相对完善，在正式发布文件之前向公民、团体、单位等组织公开征求修改建议，建立标准制度框架；并通过量化评估管理情况，对政策方案进行修订，增强适用性和合理性。同时对一些服务协议进行了相关说明，包括免责声明、权力与义务、隐私保护等，对政策法规中没有涉及到的地方做了补充解释，起到了完善的作用。但平台未明确发布关于引用规范的相关文件或说明，导致在引用时对需要注释的作者、名称、机构、时间、标识符等引用元素及格式可能出现错误或不规范的情况，引用内容较为宽泛。因此，平台可依据《信息技术科学数据引用》推广标准的应用，或者成立专门的数据工作组，通过专家调研、项目讨论、实证调查等方式开展研究，制定符合自身情况的引用规范。再在网上公开征求意见，根据收集到的反馈进行修订，最终形成完善的数据引用规范文件。

引文管理方面，引用对象的类型和存储格式整体呈现多样化状态，在检索某一数据时会出现相关数据集或数据项，且用户可通过平台提供的 API 接口获取全量数据，无插件和浏览器的限制，可直接获取所需数据，避免由于数量过大带来文件下载的障碍性。根据定时监管监测和用户反馈对数

据质量作出调整与修正，提高数据质量，完善整备程度。但目前武汉市公共数据开放平台对不同领域数据的引用管理做法一致，未根据不同数据的特点或不同生命周期区分管理，对某些专业数据而言，在引用目标、引用需求方面可能存在较大差异游祎.近十年国内图书馆数据服务研究述评[J].图书馆研究与工作,2022,(03):55-60.。因此，平台可构建相应的引文管理体系，对引用对象的类型和存储格式进行协调，加强专业性和规范性；对引文元素进行组织管理，自建平台或不同组织部门提供的元数据，采用元数据标准规范引用流程，同时实现元数据的长期保存。

相关利益主体方面，各类机构和部门均有所参与，其中科研教育机构、数据存储机构、出版机构、政府职能部门参与度较高，数量更多，相应责任较为明确；数据库商等商业运营机构、其他非营利性组织数量较少，在数据引用环节参与度较低。平台非常重视终端用户的反馈情况，设置专门的互动交流渠道，用户可通过系统、电话、邮箱等多种方式与平台建立联系，并将反馈列表和纠错问题公开，完善平台和用户之间的沟通桥梁。平台应继续加强与多方主体的合作，争取所有主体共同参与到数据引用的过程中，实时关注引用情况，形成多元主体联盟。针对反馈问题，可增加反馈信息推送、监控服务等功能，向提出疑问的用户及时推送解决信息，并定制推送相关描述服务信息；通过监控用户的访问次数、账户运行状态等，统计分析数据引用频次等信息，并设计数据引用更新策略仲妍,钟艳玲,郭文思.科研数据共享建设研究[J].电子技术应用,2021,47(09):64-68+74.。

技术支持方面，武汉市公共数据开放平台已经建立了相对完善的责任机制，将责任落实到人，对平台建设存在的问题及时发现并改进。同时将公共数据资源分为不同安全等级的管理方式，采用身份认证与识别技术保障数据引用的安全性。但在引用技术方面相对落后，只有部分部门或用户使用软件进行数据引用工作。在平台的引用规范还未落实的情况下，可参照其他数据共享平台，通过数据引用解析系统将平台中的数据集自动生成引用信息，用户在检索页面检索到所需数据的同时，可以查看到该条数据的引用信息，直接作为引用标注即可。同时，可向用户提供数据引用标识解析服务，在检索栏中输入有效的唯一标识符，即可解析到数据访问页面或该数据的元数据描述页面朱艳华,胡良霖,孔丽华等.科学数据引用国家标准研制与推广[J].科研信息化技术与应用,2018,9(06):25-30.。

5 结语

综上所述，本研究初步建立了科学数据引用标准化成熟度评价模型并将之应用于实践，但随着数据资源的日益更新和用户对数据需求的增加，成熟度评价标准并不是一成不变的，要素的选取和等级的划分标准均需与时俱进，不断调整和更新。针对本研究的不足，今后拟从以下三点不断进行跟进与完善：第一，完善指标体系的建立，选取来自不同高校、企业或数据管理组织的专家对所选要素指标的科学性进行评判，确定更为科学合理的成熟度指标；第二，扩大研究对象的范围，随着数据引用工作的持续推进，武汉市的各县区也会建立起新的数据开放平台，研究应进一步加强实证探索，增强成熟度评价指标体系应用的普遍性。

参考文献

[1] 中国国家标准化委员会.2017年第32号中国国家标准公告[EB/OL].[2020-01-30].http://www.sac.gov.cn/gzfw/ggcx/gjbzgg/201732/.

[2] 国务院办公厅关于印发科学数据管理办法的通知[EB/OL].[2018-04-02].http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/02/content_5279272.htm.

[3] CMMI Institute. Data Management Maturity Model [DB/OL].[2019-3-18].https://cmmiinstitute.com/store/data-management-maturity-(dmm).

[4] 叶兰.研究数据管理能力成熟度模型评析[J].图书情报知识,2015(02):115-123.

[5] EDM Council.Data Management Maturity Model [EB/OL].[2020-03-12].https://max.book118.com/html/2018/1229/7161105013001200.shtm.

[6] NASCIO.NASCIO: Data Governance Part Ⅱ:Maturity Models-A Path to Progress [EB/OL].[2014-12-04].http://www.docin.com/p-978629039-f2.html USA.
[7] Stanford University Data Governance Maturity Model [EB/OL]. [2020-03-12].http://www.doc88.com/p-7098899678378.html.
[8] ANDS. Research Data Management Framework: Capability Maturity Guide[EB/OL].[2014-05-29].http://www.ands.org.au/guides/dmframework/dmf-capability-maturity-guide.html.
[9] EDM Council. The Data Management Capability Assessment Model [EB/OL]. [2019-08-12]. http://www.fuduo.wang/index.php/2019/08/12/100.html.
[10] 中国国家标准化管理委员会.数据管理能力成熟度评估模型:GB/T 36073-2018[S].北京:中国标准出版社,2018:1-39.
[11] 中国国家标准化管理委员会.信息技术服务 数据中心服务能力成熟度模型:GB/T 33136 -2016[S].北京:中国标准出版社,2016:1-40.
[12] 李克鹏,梅婧婷,郑斌等.大数据安全能力成熟度模型标准研究[J].信息技术与标准化,2016(07):59-61.
[13] 张亚明,裴琳,刘海鸥.我国数字城市治理成熟度实证研究[J].中国科技论坛,2010(05):70-76.
[14] 秦中云.大数据环境下高校图书馆数据治理及成熟度模型研究[J].新世纪图书馆,2019(11):62-67.
[15] 徐丽新,袁莉.地方政府数据开放门户的成熟度评估研究[J].图书情报工作,2019,63(12):52-58.
[16] 叶兰.数据管理能力成熟度模型比较研究与启示[J].图书情报工作,2020,64(13):51-57.
[17] 程芳,赵彦庆,王磊.基于数据服务平台的数据质量能力成熟度模型研究[J].标准科学,2020(10):120-123.
[18] 司莉,邢文明.国外科学数据管理与共享政策调查及对我国的启示[J].情报资料工作,2013(01):61-66.
[19] 王思明,宁子晨.科学数据引用流程中相关主体角色定位探析[J].数字图书馆论坛,2019,(04):29-36.
[20] 项英,赖剑菲,丁宁.高校图书馆科学数据管理服务实践探索——以武汉大学社会科学数据管理为例[J].情报理论与实践,2013,36(12):89-93.
[21] 夏义堃.试论数据开放环境下的政府数据治理:概念框架与主要问题[J].图书情报知识,2018(01):95-104.
[22] 张培风,张连分.全球科研范式变革下的图书馆科学数据管理服务创新——基于数据管理生命周期的视角[J].图书馆理论与实践,2019(05):39-48.
[23] 刘智锋,王继民,李倩.元数据质量评价研究综述[J].情报理论与实践,2022,(12):1-16.
[24] 顾立平.科研模式变革中的数据管理服务:实现开放获取、开放数据、开放科学的途径[J].中国图书馆学报,2018,44(06):43-58.
[25] 史雅莉,赵雪芹.合作博弈视角下科学数据引用主体间的关系探析[J].数字图书馆论坛,2019,(01):15-20.
[26] 赵佳骏.科学文献中的数据引用识别研究[D].南京农业大学,2019.
[27] 魏悦,刘桂锋.基于数据生命周期的国外高校科学数据管理与共享政策分析[J].情报杂志,2017,36(05):153-158.
[28] 陈亚平.中外政府开放数据实践及其管理机制比较研究[D].南京大学,2014.
[29] 胡逸芳,林焱.加拿大政府数据开放政策法规保障及对中国的启示[J].电子政务,2017,(05):2-10.
[30] 牛丽雪.政府数据治理成熟度模型研究[D].河北大学,2020.
[31] 游祎.近十年国内图书馆数据服务研究述评[J].图书馆研究与工作,2022,(03):55-60.
[32] 仲妍,钟艳玲,郭文思.科研数据共享建设研究[J].电子技术应用,2021,47(09):64-68+74.
[33] 朱艳华,胡良霖,孔丽华等.科学数据引用国家标准研制与推广[J].科研信息化技术与应用,2018,9(06):25-30.

作者贡献声明: 史雅莉，论文构思，资料收集与结果分析，论文修改；赵童，资料收集与结果分析，初稿撰写；汪庭，论文框架调整，内容修订。

Research on the Maturity Evaluation of the Standardization Practice of Scientific Data Citation

Shi Yali Zhao Tong Wang Ting
Faculty of History and Culture, Hubei University Wuhan 430062

Abstract:[Purpose / Meaning] Construct a maturity evaluation model for the standardization of scientific

data citation and accelerate the standardization process of scientific data citation standards. The research is conducive to the effective dissemination and sharing of scientific data results, and promotes the sustainable and healthy development of scientific data citation standardization practice. **[Method / Process]** Through literature review and combining existing maturity theoretical models, we propose maturity indexes for evaluating the standardization practice of scientific data citation; use the Delphi method to collect experts' importance judgments on the indexes; use the hierarchical analysis method to calculate the weight of each index and derive the maturity quantification formula. The maturity evaluation model of scientific data citation standardization is constructed based on five levels: initial level, process management level, standardized management level, quantitative management level and dynamic optimization level, and the model is applied and analyzed with the Wuhan public data open platform as an example. **[Results / Conclusions]** Through quantitative analysis, the data citation standardization practice of this open data platform is at the normative definition level, based on which the findings are analyzed and recommendations are made to provide reference and reference for data managers, policy makers and users.
Key words: Scientific Data Citation Standardization Maturity Evaluation Model